

Copyright 2012, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2012, em Salvador/BA no mês de maio de 2012.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Influência do binômio Rugosidade x Adesivo em reforços estruturais com material compósito.

^a Eduardo Cesar Vilani

Abstract

The paper presents the results of a comparative study of the processes of surface preparation with blasting to obtain roughness between 80 and 110 microns and that obtained with the surface preparation of metal bristles with application of two different structural adhesives that can be used in implementing structural reinforcement cold, with composite material. Highlights the importance of the process of surface preparation in getting glued together high performance required in critical situations and alternatives that can be adopted, using high tractive shear strength adhesives and pullout to offset a surface preparation equipment obtained with simpler and produce a lower surface profile. The knowledge gained enables application of reinforcement, with an emphasis on quick service, accurate, safe and more economical, according to the materials and technique used, meeting the requirements of the Quality Policy of Rust Engenharia Ltda.

Keywords: surface preparation, adhesion and adhesives, surface roughness, bonded joints, composite materials.

Resumo

O trabalho apresenta o resultado de um estudo comparativo entre os processos de preparação de superfície com jato abrasivo até obtenção de rugosidade entre 80 e 110 micra e aquele obtido com a preparadora de superfície de cerdas metálicas com aplicação de dois diferentes adesivos estruturais que podem ser utilizados na execução de reforço estrutural a frio, com material compósito.

Evidencia a importância do processo de preparo da superfície na obtenção de juntas adesivadas de alto desempenho, requeridas em situações críticas e as alternativas que se podem adotar utilizando adesivos de alta resistência ao cisalhamento trativo e ao arrancamento para compensar um preparo de superfície obtido com equipamentos mais simples e que produzem um menor perfil de rugosidade.

O conhecimento adquirido possibilita aplicação do reforço, dando ênfase ao atendimento rápido, preciso, seguro e mais econômico, em função dos materiais e da técnica utilizados, atendendo aos requisitos da Política da Qualidade da Rust Engenharia Ltda..

Palavras-chave: preparo de superfície, adesão e adesivos, rugosidade, juntas adesivadas, materiais compósitos.

^a Engenheiro Químico e Mecânico – RUST ENGENHARIA LTDA.

Introdução

A premissa inicial do projeto era de buscar uma alternativa de preparo de superfície que dispensasse o uso de jato abrasivo com gralha de aço ou óxido de alumínio, considerando a restrição existente à emissão de partículas sólidas na atmosfera e as dificuldades que representam o transporte e o embarque destes equipamentos em plataformas de produção de petróleo.

O estudo do caso apontou para a possibilidade de uso de uma preparadora de superfície de pequeno porte, combinada com a escolha de adesivo estrutural específico. Os fatores determinantes na escolha desta técnica foram o curto prazo para preparação dos materiais a serem empregados e a necessidade de execução do trabalho a frio.

Neste caso, vamos nos concentrar apenas na preparação de superfície e na aplicação do adesivo, deixando para outro momento a apresentação de como o reforço estrutural foi concebido e aplicado.

Metodologia

1. Considerações:

Sabe-se que o preparo de superfície adequado para aplicação de reforços estruturais com materiais compósitos tem muita importância na obtenção de juntas adesivadas eficazes. De fato, a junção de um determinado reforço sobre um substrato metálico representa o ponto mais fraco do reparo, o que provoca estudos frequentes na busca de soluções cada vez mais avançadas, quer sob o ponto de vista da resistência da junta adesiva, quer sob o ponto de vista dos custos ou até da praticidade de sua execução.

A experiência mostra que o melhor preparo de superfície está relacionado com a completa remoção de partículas estranhas ao substrato, tais como carepas de laminação, películas de pintura, óxidos, oleosidade, aliada ao aumento de superfície de contato substrato x adesivo que é conseguido pela erosão do substrato através do choque mecânico de partículas suficientemente duras para provocar o arrancamento do material. Diz-se que na superfície assim tratada, foi produzido um perfil de rugosidade, o que se verifica ao microscópio pela formação de “vales” e “picos”, muito semelhantes aos acidentes topográficos de quem lhes emprestam os nomes.

O melhor meio para obtenção deste perfil é o emprego do jato abrasivo e a agressão a superfície que está sendo tratada é tanto maior (mais rugosa) quanto mais duro, pesado e pontiagudo for o material que está sendo lançado pelo jato de ar comprimido. O processo gera quantidades consideráveis de poeiras no ar, o que o inviabiliza para aplicação a céu aberto ou em ambientes onde máquinas e equipamentos de precisão estão instalados. O processo patenteado sob a marca Sponge Jet controla parte destas emissões e é aceito sob determinadas condições, mas seu emprego resulta muito caro, sobretudo para preparo de pequenas áreas.

É possível aumentar ainda mais o perfil de rugosidade, aumentando a superfície específica por ataque químico ao substrato, mas a verdade é que todo este processo é dispendioso e demanda muito tempo.

Recentemente apareceu no mercado um dispositivo de tamanho pequeno, leve e relativamente barato, acionado elétrica ou pneumicamente, muito parecido com uma lixadeira e que promete tratar superfícies metálicas produzindo rugosidade elevada. Produzido na Alemanha, leva o nome de MBX Blaster modelo 3200X.

O objetivo deste experimento é comparar o desempenho de juntas adesivas obtidas por tratamento de superfície com o jato abrasivo Sponge Jet e por aplicação da MBX 3200X.

2. Preparação dos Corpos de Prova

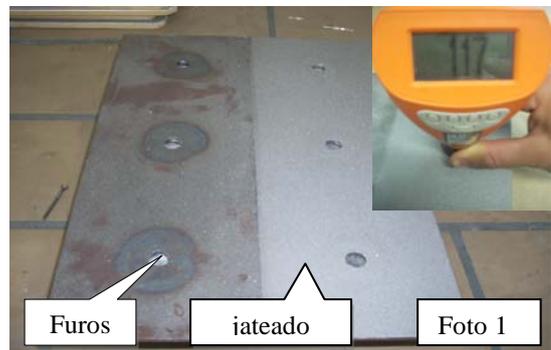
As luvas de material compósito onde se pretende aplicar as juntas em estudo são para qualificar reparos de tubos furados. Normalmente estas juntas são testadas quanto à sua resistência ao cisalhamento trativo, quando uma superfície aderida de duas plaquetas metálicas é sujeita à tração aplicada no plano da adesão, cisalhando-o. O quociente entre o valor da força capaz de romper a ligação e a área de adesão representa a tensão de ruptura. Neste caso em particular, a resistência das juntas devem ser testadas quanto sua resistência ao arrancamento, ou seja, por uma força aplicada normal ao plano da superfície do substrato. Para reprodução dos esforços que se verificam na prática, foram concebidos dois corpos de prova.

2.1 – Preparo das chapas metálicas:

- ✓ Foram cortadas duas chapas de aço API 51 Gr B de ¼” espessura medindo 200x300 mm;
- ✓ Em cada uma, foram marcados 6 (seis) quadrados de 100x100 mm;
- ✓ No centro de cada quadrado foi feito um furo de 10 mm, totalizando seis furos em cada chapa;
- ✓ Sobre cada furo foi soldado um niple roscado de Ø ½” NPT .

2.2 – Preparo da superfície:

- ✓ As duas chapas foram marcadas longitudinalmente em duas metades;
- ✓ As duas chapas tiveram uma de suas metades preparadas por jato abrasivo ao metal branco até atingir o grau Sa 3 da Norma Petrobras N 009, conforme mostra a Foto 01;
- ✓ O perfil de rugosidade foi medido entre 80 e 117 µm;
- ✓ A outra metade de cada chapa foi lixada mecanicamente até atingir o Grau St 3 da NBR 15239, como mostrado nas Fotos 02 e 03;



- ✓ Sobre a superfície lixada foi aplicada a preparadora de superfície MBX, como visto nas Fotos 04 e 05;
- ✓ O perfil de rugosidade obtido foi medido entre 30 e 80 μm .



Foto 04



Foto 05

2.3 - Aplicação do Adesivo:

- ✓ Uma das chapas foi identificada como B;
- ✓ Um Adesivo Estrutural de cor avermelhada foi aplicado com pincel, sobre toda a face oposta aos niples, preparada conforme 2.2;
- ✓ A Foto 06 mostra o Adesivo sendo aplicado.

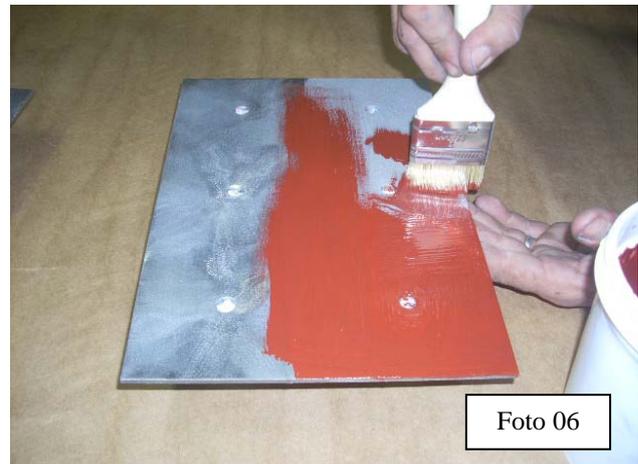


Foto 06



Foto 07

- ✓ Outra chapa foi identificada como A;
- ✓ Foi aplicada uma demão de RESILAM HT com rolo sobre toda a face oposta aos niples, também preparada conforme 2.2;
- ✓ A Foto 07 mostra a aplicação de RESILAM HT.

O RESILAM HT, usado neste caso como adesivo, é uma matriz epóxi desenvolvida para a impregnação do tecido e da manta de fibra de vidro que compõem o reforço estrutural. Suas principais características, além das excelentes propriedades mecânicas, são uma maior resistência à temperatura e boa adesão sobre substratos metálicos.

2.4 – Aplicação do Reforço:

- ✓ Sobre cada uma das chapas (**A** e **B**), foram laminadas oito camadas de tecido de fio de vidro WRU 360 intercalado com manta de fio de vidro 300 g/m², impregnados com RESILAM HT (Fotos 08 e 09);



Foto 08



Foto 09

- ✓ As chapas **A** e **B** foram submetidas a processo de pós cura a 110 °C por 4 horas;
- ✓ O laminado obtido sobre cada chapa foi seccionado com disco diamantado até o substrato, produzindo seis plaquetas de 100x100 mm como mostrado na Foto 10;
- ✓ Um niple ficou situado sob o laminado, no centro de cada plaqueta conforme Foto 11.



Foto 10

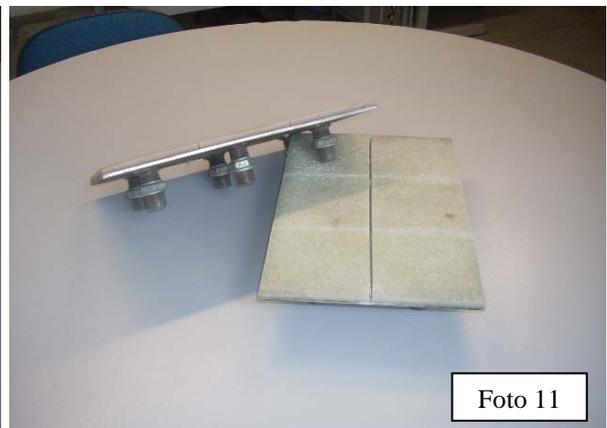


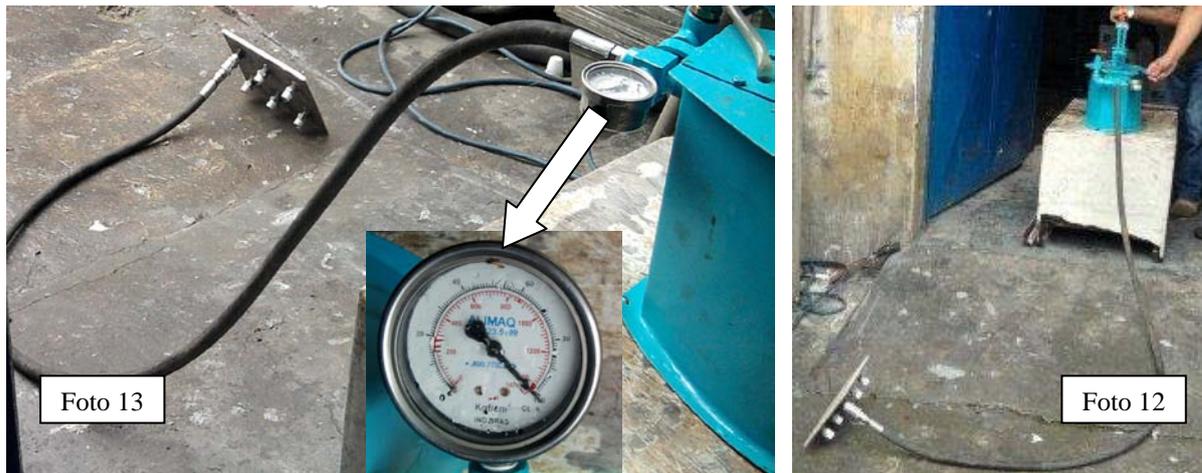
Foto 11

- ✓ As plaquetas foram identificadas, sendo que as de nº B1, B2 e B3 correspondem ao Adesivo Estrutural aplicado sobre superfície jateada;
- ✓ As plaquetas B4, B5 e B6 correspondem ao Adesivo Estrutural aplicado sobre a superfície preparada com a MBX;
- ✓ As plaquetas A1, A2 e A3 correspondem ao RESILAM HT aplicado na superfície jateada;
- ✓ As plaquetas A4, A5 e A6 correspondem ao RESILAM HT aplicado sobre a superfície preparada com a MBX.

3.0 – Testes de arrancamento:

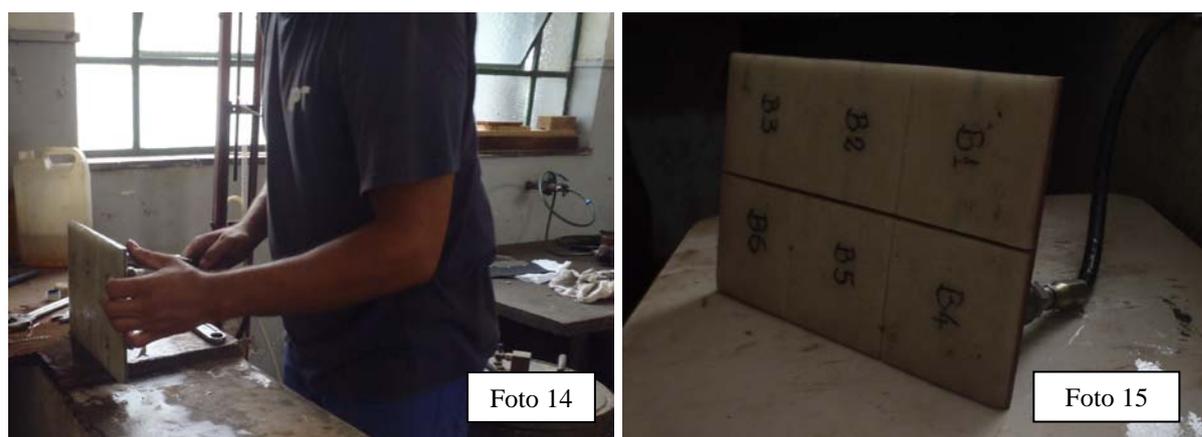
Para medir a resistência ao arrancamento obtida em cada uma das plaquetas laminadas sobre as chapas, foi aplicada pressão hidráulica em cada um dos niples.

Inicialmente foi utilizada uma bomba de teste hidrostático manual (foto 12), porém a máxima pressão (100 kgf/cm²) (foto 13) foi atingida sem que ocorresse descolamento da plaqueta.



Identificado o elevado nível de pressão requerido, foi decidido contratar o IPT - Laboratório de Equipamentos Mecânicos e Estruturas para a realização dos testes, para obtenção de resultados certificados.

A Foto 14 mostra a preparação do ensaio hidrostático pelo operador do IPT. O ensaio consiste em verificar a pressão hidrostática necessária para ocorrer arrancamento ou descolamento do laminado de plástico reforçado com fibras de vidro.



A foto 15 mostra a mangueira de alta pressão conectada ao corpo de prova para ensaio de arrancamento do laminado correspondente à plaqueta B4.

4.0 – Resultados:

O teste hidrostático até a pressão de arrancamento ou descolamento foi repetido em cada uma das plaquetas de PRFV.

A Foto 16 mostra o medidor de pressão da bomba hidráulica, instantes antes da ocorrência do descolamento da plaqueta.



Foto 16



Foto 17

A Foto 17 mostra o momento do descolamento da plaqueta A6, com vazamento à esquerda da imagem.

A tabela nº 01 apresenta a pressão de descolamento de cada uma das seis plaquetas pertencentes à chapa A:

Identificação	Preparo de Superfície	Primer Adesivo	Pressão de falha
Plaqueta A1	Jato Abrasivo	RESILAM HT	104 kgf/cm²
Plaqueta A2	Jato Abrasivo	RESILAM HT	122 kgf/cm²
Plaqueta A3	Jato Abrasivo	RESILAM HT	126 kgf/cm²
Plaqueta A4	Preparadora de Superfície	RESILAM HT	74 kgf/cm²
Plaqueta A5	Preparadora de Superfície	RESILAM HT	86 kgf/cm²
Plaqueta A6	Preparadora de Superfície	RESILAM HT	96 kgf/cm²

Tabela nº 01

É possível observar como o modo de preparo da superfície afetou o desempenho da junta adesivada, pois os valores obtidos para a pressão de falha em superfícies tratadas com a Preparadora de Superfície MBX modelo 3200X foram significativamente menores que aqueles obtidos com o jato abrasivo.

Analisando os valores obtidos pelo mesmo processo de preparação de superfície, verifica-se que apresentaram um grande desvio entre si, provavelmente pela dificuldade em reproduzir manualmente cada etapa da obtenção dos corpos de prova. Uma maneira de se atenuar os desvios seria a de submeter um número maior de corpos de prova aos ensaios, abandonando o maior e o menor valor da série.

A tabela nº 02 apresenta a pressão de descolamento de cada uma das seis plaquetas pertencentes à chapa B:

Identificação	Preparo de Superfície	Primer Adesivo	Pressão de falha
Plaqueta B1	Jato Abrasivo	Adesivo Estrutural	240 kgf/cm²
Plaqueta B2	Jato Abrasivo	Adesivo Estrutural	220 kgf/cm²
Plaqueta B3	Jato Abrasivo	Adesivo Estrutural	242 kgf/cm²
Plaqueta B4	Preparadora de Superfície	Adesivo Estrutural	230 kgf/cm²
Plaqueta B5	Preparadora de Superfície	Adesivo Estrutural	174 kgf/cm²
Plaqueta B6	Preparadora de Superfície	Adesivo Estrutural	218 kgf/cm²

Tabela nº 02

Observa-se um desvio muito grande na pressão de falha da placa B5, razão pela qual convém não considerar este valor na avaliação dos resultados.

No caso da chapa B, nota-se que os resultados de falha da chapa preparada com jato abrasivo e aqueles obtidos com a Preparadora MBX foram muito semelhantes.

5.0 – Conclusão:

- O estudo é empírico, serve apenas como elemento para comparação entre os dois processos de preparo de superfície apresentados;
- Para obter um grau de precisão mais apurado é necessário repetir o experimento, ensaiando um número maior de corpos de prova;
- Ficou evidente que a Preparadora MBX modelo 3200X não consegue produzir a mesma rugosidade que o jato abrasivo com granalha de aço pontiaguda;
- **Evidenciou a tese de que é possível substituir o jato abrasivo pela Preparadora MBX desde que se utilize um Primer Adesivo de desempenho adequado à necessidade.**

Referências bibliográficas

Relatório de ensaio nº 1 017 167-203 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT Laboratório de Equipamentos Mecânicos e Estruturais/CINTEQ.

Manual de operação MBX Blaster 3200 X – Monti Werlzeuge GmbH.